Das Alter des Deckenschubes in den Ostalpen

von

Dr. **Franz Heritsch** (Graz).

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1912.)

Der Ausgangspunkt für die folgende Erörterung ist der auffallende Gegensatz, welcher sich herausstellt, wenn man das Alter der Deckenbewegungen in den verschiedenen Teilen unserer herrlichen Alpen einander gegenüberstellt. Klar ist es, daß man in dem ostalpinen Gebiete eine große Störungsphase hat, die vor der Transgression der oberen Kreide eingetreten ist und daß auch eine zweite gebirgsbildende Zeit vorhanden sein muß, welche jugendlichen Alters ist, da noch miocäne Ablagerungen verlagert worden sind. In bedeutendem Gegensatz zu der vorgosauischen Gebirgsbewegung steht die Tatsache, daß in der von der ostalpinen Facies überschobenen lepontinischen Region noch alttertiäre Gesteine vorhanden sind. Noch unerklärbarer wird es, wenn über den lepontinischen Fenstern Miocän fast ungestört liegt, wenn man sieht, daß die helvetischen Decken an der Molasse branden, wie Arn. Heim gezeigt hat, daß diese Molasse am Alpenvorland schon aufgerichtet und gestört war, ja sogar schon durch die abtragenden Kräfte ein Relief gehabt hat, als die helvetischen Decken gleich den Wogen des sturmgepeitschten Meeres heranrückten. Wenn man sich diese doch wohl sichergestellten Tatsachen vor Augen hält, wird man zu der Vorstellung gedrängt, daß die gebirgsbildende Zeit in unseren wunderbaren, hochgetürmten Alpen nicht eine Phase gewesen ist, sondern ein etappenweise, um nicht zu sagen ruckweise eintretendes, sich wiederholendes Phänomen war. Dies auseinanderzusetzen ist der Zweck der folgenden Zeilen.

I. Das vorgosauische Alter des ostalpinen Deckenbaues.

a) Die Ablagerungen des Mesozoicums der ostalpinen Facies erfahren erst an der Grenze von unterer und oberer Kreide eine bedeutende Unterbrechung in der regelmäßigen Aufeinanderfolge. Diener[1] sagt, daß man sicher einen bedeutenden Hauptschnitt in die Formationsgliederung an der Grenze von unterer und oberer Kreide gelegt hätte, wenn seinerzeit die Einteilung der geschichteten Ablagerungen in Formationen von den Ostalpen ausgegangen wäre; denn die obere und untere Kreide sind in so tiefgreifender Weise voneinander getrennt, daß »man..... auf den Eintritt von sehr erheblichen orographischen Veränderungen zur Zeit der mittleren Kreide schließen muß. Die Grenze zwischen unterer und oberer Kreide ist durch eine Phase intensiver Gebirgsbildung markiert.« Diener hat in seiner Zusammenstellung über den Bau der Ostalpen auseinandergesetzt, daß vielfach die Ablagerung der Gosauschichten schon ein gestörtes Gebiet vorgefunden hat. Ich möchte hier nicht eine Aufzählung unternehmen, sondern nur auf einige neuere Beobachtungen hinweisen, welche eine vorgosauische Störungsphase beweisen.

Ampferer[2] sagt über die Gosau von Brandenberg, daß sie einer älteren Talfurche eingelagert ist; es ist hier der Ablagerung der Gosau eine Zeit der Erosion vorausgegangen, die doch mindestens vorher eine Hebung des Gebirges voraussetzt. Doch ist auch eine nachgosauische Störung wohl zu erkennen, da die Gosau schüsselförmig zusammengepreßt wurde; ferner fand noch eine spätere Störung statt, welche das Tertiär des Inntales dislozierte. — Ampferer sagt bezüglich der Ablagerungen der Gosau in den Nordtiroler Kalkalpen überhaupt: »Die Basis der Gosauschichten stellt sich als ein sehr verschieden tief eingeschnittenes Relief des bereits kräftig tektonisch umgestalteten Untergrundes dar.« Und diese Gosau liegt innerhalb der bajuvarisch-voralpinen Decke.

[1] Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes, p. 600.

[2] Ampferer-Ohnesorge, Jahrbuch der Geolog. Reichsanstalt, 1909, p. 304.

Zu einem ähnlichen Resultat kam Spitz,[1] der auseinandergesetzt hat, daß die Falten des Höllensteinzuges vorgosauisch sind und daß die obere Kreide auf einem Erosionsrelief des bereits gestörten Gebirges abgelagert wurde.

E. Spengler[2] hat festgestellt, daß die Falten des Schafberges (voralpine Decke) vorgosauisch sind und daß dann nach der Gosau eine zweite Störungsphase eingetreten ist. Derselbe Forscher[3] hat ferner auseinandergesetzt, daß die Gosauschichten in der Gegend des Wolfgangsees ungehindert über die zur voralpinen Decke gehörige Schafberg- und Osterhorngruppe hinwegtransgredieren und auch dasselbe tun über den Ausbiß der Überschiebung zwischen Hallstätter und Dachsteindecke, daß diese beiden Gosauserien aber scharf voneinander getrennt sind. Die Gosau auf der voralpinen Decke fällt unter den Deckenkomplex Hallstätter + hochalpin ein. Dadurch wird man wieder zur Annahme von zwei zeitlich getrennten Überschiebungsphasen geführt. In der vorgosauischen Störungszeit wurde der Komplex voralpin + hochalpin als einheitlich tektonisches Element über die Hallstätter Decke geschoben, dann durch die Erosion geöffnet, so daß die Hallstätter Decke und der überlagernde Komplex von Gosau überdeckt wurde, und dann erst tritt, also in der nachgosauischen Störungsphase die Überschiebung ein, welche die heutige Deckenfolge voralpin, Hallstädter, hochalpin als ursprünglich vortäuscht.[4] Es dürfte daher wohl klar sein, daß das ostalpine Gebiet eine Störungsphase, die auch Überschiebungen geschaffen hat, vor der Gosau gehabt hat.

b) Die vorgosauische, von mir ostalpine Bewegung genannte Störungsphase hat in den Kalkalpen bereits die

---

[1] Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, III. Bd., p. 432. Dazu: Wilckens, Geolog. Rundschau, II. Bd., p. 255.

[2] Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, II. Bd., p. 270.

[3] Zentralblatt für Mineral., Geolog. u. Paläont., 1911, p. 702.

[4] Die Stellung der Hallstätter Decke als tiefste ostalpine mesozoische Decke, die zuerst durch E. Suess erkannt wurde, paßt besser als ihre Einschaltung zwischen die nahe verwandten Decken vor- und hochalpin, nämlich wegen der Beziehung der Hallstätter Decke zu den lepontinischen Decken bezüglich der Stellung in der alpinen Geosynklinale.

Grundzüge des Deckenbaues geschaffen. Daß aber auch in den krystallinen Gebieten der ostalpinen Decke bereits der Deckenbau vor der Gosau fertig war, könnte man aus logischen Gründen erschließen; es finden sich aber noch andere Gründe, welche diesen Schluß stützen. Ampferer-Ohnesorge[1] haben nachgewiesen, daß unter den Geröllen der Gosau sich viele finden, welche auf die Grauwackenzone hindeuten. »Die weite gleichmäßige Verbreitung, die starke Abrollung und geringe Größe der meisten exotischen Gerölle, welche eine strenge Auslese harter oder zäher Gesteine vorstellen, verbieten eine direkte Herleitung von den heute in der nordalpinen Grauwackenzone auftretenden Porphyr- und Porphyroiddecken.... Da diese Gerölle jedenfalls lange Wege beschrieben haben müssen, so gelangen wir zu der Vorstellung, daß zwischen den Ablagerungsstätten im Gosaumeere und dem weit zurückliegenden paläozoischen Deckenlande eine breite Vorlandzone eingeschaltet war.«

Also auch auf diesem Wege kommen wir dazu, eine nachgosauische Störung anzunehmen, welche die Kalkalpen in ihrer Breite verkürzte und so die »breite Vorlandzone« beseitigt hat. — Die »exotischen Gerölle« der Gosau kommen aus der Unterlage der Kalkalpen. Wir wissen aber, daß diese Grauwackengesteine mit den Porphyren etc. nicht die direkte Unterlage der Kalkalpen bilden, sondern daß sich dazwischen meist der erzführende Silur-Devonkalk einschaltet. Es ist selbstverständlich, daß man nicht annehmen kann, daß dieser letztere gleichsam zwischen die Kalkalpen und die tieferen Grauwackendecken eingeschoben wurde, nachdem die letzteren für die Gosau die »exotischen Gerölle« geliefert haben; daher kommen wir zu der Vorstellung, daß der Deckenbau der Grauwackenzone, der höchsten ostalpinen Zentralalpendecken, die Überschiebung der Carbon-Blasseneck-Serie durch den erzführenden Kalk bereits vorgosauisch ist.

c) Die Entstehung des Deckenbaues und die starke Abtragung in der ostalpinen Facies vor der Gosau, auch im

[1] Jahrbuch der Geolog. Reichsanstalt, 1909, p. 331.

Wurzelgebiete, wird durch die Transgression der oberen Kreide in den Zentralalpen und in den Karawanken bewiesen. Schon seit langer Zeit sind die Kreideschollen auf dem Bacher bekannt; D. Stur hat sie seinerzeit beschrieben[1] und neuerdings hat sich Dreger um sie verdient gemacht. Zweifellos liegt die obere Kreide des Bacher (z. B. am Jesenkoberg), dann die Kreide bei Rabenstein im Drautale etc. im ostalpinen Wurzelgebiete. Wenn auch die tektonische Analyse dieser Gegenden noch nicht durchgeführt ist, so zeigt doch das Fehlen der Kreide in der nördlichen Ausbreitungsregion der krystallinen Decken, daß der Schub vorgosauisch ist.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß über dem Ostabbruch der Karawanken Gosauablagerungen liegen. Teller[2] sagt von dieser Gosau: »Sie stehen zu den älteren, mit den oberjurassischen Aptychenschichten abschließenden mesozoischen Schichtgliedern dieser Gebirgskette (nämlich der Karawanken) genau in demselben tektonischen Verhältnis wie die Gosauablagerungen der Nordostalpen zu den Trias- und Juraablagerungen dieses Gebietes.« Der Abbruch der Karawanken, d. h. der »Einbruch von Windisch-Graz« ist somit älter als die Gosau und jünger als die oberjurassischen Aptychenschichten. Auch E. Suess[3] sagt, daß die Gosaukreide als jüngeres Glied angelagert ist. Dies ist nicht nur der Fall beim Abbruch der Karawanken, sondern auch am Rande des Bacher, wo bei Lechen Kreide liegt. Doch müssen noch jüngere Bewegungen in vertikalem Sinne stattgefunden haben, wie die verschiedene Höhenlage der Gosau am Bacher und bei Windisch-Graz zeigt.[4] — Dem Abbruch der Karawanken, der ostalpinen Wurzel (!) ist Gosau angelagert; da über den Abbruch die Gosau transgrediert, so bleibt nur ein Schluß übrig: Der Deckenschub der ostalpinen Facies ist älter als die Gosau. Auch die tiefgreifende Störung (in dinarischer

---

[1] D. Stur, Geologie der Steiermark, p. 499.

[2] Erläuterungen zur geolog. Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen, Wien 1896, p. 146.

[3] Antlitz der Erde, III, 1, p. 442.

[4] Dreger, Verhandlungen der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1906, p. 95.

Richtung!), welche den Bacher abschneidet und das Lavanttal tief dem Eindringen der Kreide und des Miocäns öffnet, ist älter als die Gosau.

Auch das Paläozoicum von Graz ist vor der Gosau gestört und gefaltet worden.[1] Wenn man mit Mohr[2] das Gebiet in eine untere und obere Grauwackendecke zerlegen würde, dann müßte diese Teilung wie der Deckenschub in der Grauwackenzone vorgosauisch sein, da die Gosau der Kainach über die beiden von Mohr unterschiedenen tektonischen Komponenten einheitlich transgrediert.

Aus der Transgression der Kreide und des Eocäns über die älteren Ablagerungen im Gebiete des Krappfeldes geht hervor, daß nach der Gosau über diese Gebiete nie eine alpine Decke hinweggegangen ist. Die Überlagerung der Kreide durch das Eocän zeigt, daß der Hauptdeckenschub nicht zwischen Eocän und Kreide stattgefunden haben kann; auch nacheocän kann der Schub nicht sein, d. h. der Schub der einzig in Betracht kommenden Decke, der Decke des erzführenden Kalkes. Die Trias des Krappfeldes muß sich nach dem ostalpinen Schub, d. h. vor der Ablagerung der Gosau, schon in der, der heutigen ähnlichen eingesenkten Mulde befunden haben.

Von Bedeutung ist auch die Lagerung des Miocäns in der Zentralzone der Ostalpen und an deren Ostrand. In das Lavanttal dringt vom »Einbruch von Windisch-Graz«, also von Süden her, marines Miocän der II. Mediterranstufe ein, ohne im wesentlichen mehr gestört zu sein. Das steht im größten Gegensatz zu der Brandung der helvetischen Decken an der Molasse des Vorlandes. Am Ostrande der Zentralzone, in der Grazer Bucht liegt das Miocän vollständig ungestört. Auch hier derselbe Schluß wie früher!

Einem Einwande ist von vornherein zu begegnen. Warum kann man nicht sagen, daß die Überschiebung der Grauwackendecken variszisch ist? Die Antwort ist sehr einfach. Es wurde von mehreren Stellen die Beteiligung von Werfener Schichten

[1] Heritsch, Mitteilungen des naturwissensch. Vereines für Steiermark, 1905, p. 221.

[2] Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, IV. Bd., 1911, p. 305.

und anderen Triasgesteinen am Deckenbau der Grauwackenzone erkannt.[1]

Ich stelle daher folgende These auf: Die Zeit der Hauptdeckenbildung, der ostalpine Schub, ist im ostalpinen Faciesgebiete vorgosauisch. Damit ist nicht gesagt, daß nicht auch nach der oberen Kreide starke Störungen stattgefunden haben; diese betreffen in erster Linie die Kalkalpen, während die krystallinen Gebiete weniger davon berührt wurden (Faltung der Gosau der Kainach, Krappfeld etc.). Das ostalpine Deckengebiet hat sich aber den nachgosauischen Bewegungen gegenüber im krystallinen Teile besonders und im allgemeinen als Block verhalten, während es in den Kalkalpen noch zu kleineren Bewegungen, auch zu Überschiebungen gekommen ist; das letztere ist vielfach durch das zur Vortiefe gerichtete Streben zu erklären. Die nachgosauischen Bewegungen waren in dem krystallinen Teile der ostalpinen Facies faltende Vorgänge, während es in den Kalkalpen noch Schubbewegung gibt, wie die Stellung der Gosau zeigt.[2] Nach der Gosau, an der Grenze von Kreide und Tertiär hat in den Ostalpen eine Bewegung stattgefunden, welche eine beträchtliche Verschiebung von Wasser und Land bedingte; es erfolgte ein Rückzug des Meeres, dem eine Verschüttung der Gosau folgte[3] und dann erst trat eine Störungsphase ein, welche die Gosau dislozierte. Die dann folgende Transgression des Eocäns wird durch das Vorkommen des Krappfeldes, von Radstadt etc. bewiesen. Leider ist man über die Stellung des Eocäns von Radstadt und von Kirchberg am Wechsel nur ungenügend unterrichtet.

---

[1] E. Ascher, Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, I. Bd., p. 402; Mohr, Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien. III. Bd., p. 104; Kober, Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, II. Bd., p. 502; Heritsch, Zentralblatt für Mineral., Geolog. u. Paläont., 1910, p. 692.

[2] Kober, Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, II. Bd., p. 496.

[3] Ampferer-Ohnesorge, Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1909, p. 304.

II. Wann wurde das ostalpine Gebiet auf das lepontinische geschoben?

Für die Beantwortung dieser Frage kommt in Betracht das Alter der jüngsten Schichten, welche am lepontinischen Gebiete beteiligt sind. Für die Bündner Schiefer ist der sichere Nachweis der Kreide und wohl auch des Alttertiärs gelungen.[1] Nach Steinmann[2] ist auch noch Oligocänflysch beteiligt. Für die Klippen-, Breccien- und Rhätische Decke geht aus den Arbeiten von Hoeck, Lorenz und v. Seidlitz hervor, daß noch Oberkreide (couches rouges etc.) an diesem System teilnimmt. Es ist also klar, daß die Überschiebung des Ostalpinen über das Lepontinische nicht vorgosauisch sein kann, da zum mindesten doch die obere Kreide als Konstituente des letzteren sowohl in den Bündner Decken als in den drei darüber liegenden Decken[3] auftritt.

Doch läßt sich für den lepontinischen Schub eine zeitliche Bestimmung finden. Gewiß war für die ostalpine Region die Bewegung über das Lepontinische ein großes, weittragendes Ereignis. Es hätten also, wenn es nach der Ablagerung der miocänen Ablagerungen in den Zentralalpen eingetreten wäre, diese stark gestört werden müssen; dies ist nicht der Fall. Ich stelle daher die zweite These auf: Die Bewegung des Ostalpinen über das Lepontinische muß nach dem Alttertiär und vor dem Miocän der II. Mediterranstufe erfolgt sein, d. h. die Überschiebung des lepontinischen Systems in den krystallinen Gebieten (Tauern) und die Überdeckung des Lepontinischen durch das Ostalpine in den Kalkalpen; dabei ist die Tauchdeckentektonik

---

[1] W. Paulcke, Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B., XIV. Bd., p. 271; G. Steinmann, ebenda, 1895, 1898.

[2] G. Steinmann, Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B., XVI. Bd., p. 26; W. Paulcke, Zentralblatt für Mineral., Geolog. u. Paläont., 1910, p. 540.

[3] Die lepontinischen Decken können nicht gleichgesetzt werden der ostalpinen Decke, wenigstens im Bündner Gebiet nicht; auch nicht den helvetischen Decken. Die Differenz der Mächtigkeit verbietet dies. Es ist da zu erinnern an den Ausspruch E. Suess', der von einer künftigen Aufteilung der lepontinischen Serie spricht.

und die Abscherung des Lepontinischen unter den Kalkalpen eingetreten. Der Beweis für dieses Alter der lepontinischen Bewegung läßt sich leicht erbringen, und zwar besonders aus den Verhältnissen der östlichen Zentralalpen. Da taucht das lepontinische Semmeringfenster aus ostalpiner Umrahmung auf. Über das geöffnete Fenster ist bei Parschlug Süßwassertertiär vom Alter der Lignite von Pitten ausgebreitet, ohne etwa an der Tektonik Anteil zu nehmen.

Daher muß die Überschiebung frühestens ins älteste Miocän fallen. Dieselbe Stellung haben die Vorkommnisse von Jungtertiär im Semmeringgebiet. Einige Schwierigkeit bereitet das Eocän der östlichen Zentralalpen. Das Eocän von Radstadt, das von Thraut des anstehenden Charakters entkleidet wurde, muß über ostalpines Gebiet transgrediert haben, analog dem Eocän des Krappfeldes. Das Eocän von Kirchberg am Wechsel [1] aber liegt über lepontinischem Gebiet; seine Stellung im Deckenbau ist etwas unsicher; es würde, wenn seine transgressive Lagerung sicher wäre, ein vortertiäres Alter des lepontinischen Schubes verlangen, was auf die Altersfrage der Bündner Schiefer ein bestimmtes Licht wirft. Sicher aber erscheint nur, daß die Bewegung des Ostalpinen über das Lepontinische und der Deckenbau des letzteren nachgosauisch ist und vor der II. Mediterranstufe eingetreten sein muß. Ob dies nicht in einen Zusammenhang zu bringen ist mit dem Einbruch des inneralpinen Wiener Beckens?

III. Die helvetische Bewegung.

Nach Arnold Heim [2] branden die helvetischen Decken an der subalpinen Molasse; er sagt, daß die Faltung der Molasse jungmiocän, daß die Entstehung der helvetischen Decken, welche in die Depression zwischen dem Bildungsraum derselben und der aufgestauten Molasse — also in eine Vortiefe — eintreten, jünger ist, daß sie aber noch vor der ältesten Vereisung vollendet war. Durch das an dem Deckenbau beteiligte Alttertiär

---

[1] Mohr, Mitteilungen der Geolog. Gesellschaft in Wien, III. Bd., p. 201.

[2] Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 51. Bd., 1906.

durch die Aufschiebung auf die Molasse ist auch die Bewegung der Flyschzone[1] der österreichischen Alpen zeitlich beschränkt. Von der Iller bis zur Salzach überschiebt die Flyschzone die Molasse; auch weiter im Osten tritt die Flyschzone über das Tertiär des Vorlandes, wobei es auch, wie Abel darstellte,[2] zu Verschuppung der Flyschzone mit dem Miocän des Vorlandes (Äquivalente der Schichten von Molt = I. Mediterranstufe) kam. Von der größten Bedeutung ist das Verhalten der helvetischen Decken zu den anderen Deckensystemen, welche über der helvetisch-beskidischen Decke der Ostalpen liegen. Da findet bekanntlich jenes Verhältnis statt, welches zwischen den Decken der Voralpen und der Klippen in der Schweiz zu den helvetischen Decken überall zu beobachten ist. Die bekannte Ausnahme von der Regel östlich vom Rhonetal,[3] wo das Cephalopoden-Neocom zwischen die Falten des Dent des Morcles und der Diablerets eindringt, scheint mir eventuell durch eine zeitlich getrennte Bewegung zu erklären zu sein. Lugeon deutet auch einen derartigen Vorgang an, da er sagt, daß sich die helvetischen Falten frühestens während der Passage der Voralpen gebildet haben.

Von größter Wichtigkeit ist die Stellung der österreichischen Flyschzone zu den Kalkalpen; es ist eine so bekannte Tatsache, daß darüber kein Wort verloren werden soll. Wenn man die Profile, in welche sich zwischen die Flyschzone und die ostalpine Kalkzone noch die lepontinische Zone der Ostalpen[4] einschaltet, ansieht, so erscheint es wohl klar, daß die Bewegung des Ostalpinen und Lepontinischen gegen Norden, die Verfrachtung über die helvetisch-beskidische Zone nicht eine aus Faltung, Überfaltung hervorgegangene Bewegung sein kann,

---

[1] Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1903, p. 121, besonders die Profile, p. 124.

[2] Ist die Flyschzone überhaupt ein Äquivalent der helvetischen Region? Sollte sie nicht zum Teil aufgefaßt werden als ein solches der Bündner Decken, so wie Paulcke es für die Niesen-Gurnigel-Flyschzone annimmt?

[3] M. Lugeon, Bull. Soc. géol. de France, 4. sér., tom. I (1901), p. 729.

[4] V. Uhlig, Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 1909, p. 12.

sondern daß es eine Blockbewegung sei muß; es muß das höhere Gebirge als Ganzes bewegt worden sein. Das findet seine Bestätigung in den früher auseinandergesetzten Tatsachen, daß der Deckenschub im Lepontinischen und Ostalpinen vormiocän, beziehungsweise vorgosauisch sein muß, während die Bewegung der Flyschzone im Miocän stattfand (Wiener Becken!), beziehungsweise nachmiocän (Schweiz) ist. Die nachgosauischen Bewegungen geben auch den Anhaltspunkt für die Beurteilung der Stellung der Gosau, welche der lepontinischen oder helvetischen Störungsphase überfaltet, beziehungsweise überschoben wurde. Ich stelle daher als dritte These den Satz auf: Der Deckenschub der Flyschzone ist nachmiocän, beziehungsweise jungmiocän und die helvetisch-beskidische Region ist durch die im Block ausgeführte Bewegung der höheren Deckensysteme überschoben. Das letztere ist derselbe Schluß, zu dem Gümbel gekommen ist, daß die späteren Dislokationen des Hochgebirges Massenbewegungen und nicht Faltungen im einzelnen gewesen sind. Die Blockbewegung erklärt auch die Stellung der lepontinischen Klippenzone als schmales Band zwischen Ostalpin und Flyschzone; die Klippenzone kann doch nur durch eine im ganzen erfolgte Bewegung vorgeschoben und an die Flyschzone angepreßt worden sein. Einer Blockbewegung der schon ganz fertigen und bereits stark zerstörten Karawanken entspricht die Überschiebung derselben über das Miocän des Klagenfurter Beckens.[1]

Aus dem bisher Gesagten leite ich noch eine weitere These ab: Der Satz Lugeons, daß jede höhere Decke jünger ist als die untere, gilt nur mit der Beschränkung auf die einzelnen Deckensysteme, auf Decken zweiter Ordnung; dagegen ist jedes höhere Deckensystem (Decken erster Ordnung) in seinem inneren Bau älter als das unter ihm liegende. Dadurch wird das vorgetäuscht, was man »zonares Wandern der Faltung« genannt hat. Klar ist es, daß man mit Diener Unterbrechungen in der Gebirgsbildung annehmen muß. Ob die drei verschiedenen Schubzeiten

---

[1] Höfer, Verhandlungen der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1909. p. 295; J. Dreger, Verhandlungen der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1909, p. 46.

auch überall gleichzeitig eintreten, können erst neue Untersuchungen zeigen; besonders anregend dürfte der Vergleich in der Stellung zu den alpinen Bewegungen zwischen dem Miocän des außer- und inneralpinen Wiener Beckens, besonders bezüglich der Brandung der helvetischen Decken an die Schweizer Molasse sein; es scheint, daß da eine zeitliche Differenz vorhanden ist, da der helvetische Schub am Nordostende der Alpen bereits vor der II. Mediterranstufe vollendet war, während noch die I. Mediterranstufe am Nordrand der Alpen überfaltet wurden.[1]

IV. Schlüsse aus den zeitlich getrennten Deckenschüben.

a) »Der Gegensatz zwischen »Ost-« und »Westalpen« besteht bekanntlich nicht allein in der verschiedenen Entwicklung der Sedimente, sondern auch in dem verschiedenen tektonischen Verhalten dieser beiden Gebiete zur Kreidezeit«.[2] In der helvetischen Zone herrscht Konkordanz aller Glieder der Kreide, in der ostalpinen aber zwischen Unter- und Oberkreide Diskordanz. Steinmann schließt,[3] daß man bezüglich der Ursprungsgebiete der rhätischen und ostalpinen Decke »um eine Hebung »um einen Minimalbetrag von 5 *km*« während der Zeit der mittleren Kreide nicht herumkommt. Ob es sich da wirklich um einen solchen »Minimalbetrag« handelt, sei außer Diskussion gestellt; sicher ist es, daß eine »Hebung« eingetreten ist. Und diese »Hebung« fällt genau zusammen mit der Zeit, in welcher die ostalpine Facies ihren ersten und größten Schub hatte. Ich stehe nicht an, für die »Hebung« des ostalpinen Gebietes den vorgosauischen ostalpinen Schub verantwortlich zu machen. Es scheint so ein großer Teil des Gegensatzes zwischen der helvetischen und ostalpinen Facies auf diese Deckenbewegung zurückzugehen.

b) Der alpino-dinarischen Grenze fehlen die Ablagerungen der Kreide. Dort, wo solche in der Nähe ist, liegt sie so, daß die

---

[1] Abel, Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1903, p. 121 ff.

[2] G. Steinmann, Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B., XVI. Bd., p. 55.

[3] G. Steinmann, ebenda, p. 55.

Verhältnisse zur Zeit der oberen Kreide recht eigenartig sind. Der Abbruch der Karawanken bei Windisch-Graz, an den die Gosau angelagert ist, erreicht nicht den Tonalit von Eisenkappel, »aber die Verhältnisse scheinen zur Zeit der Gosaukreide doch bereits den heutigen ähnlich gewesen zu sein.«[1] In einem eigenartigen Lichte erscheint folgender Umstand: Die Tonalite des Adamello treten mit Trias in Kontakt; für die Tonalite von Eisenkappel kann ein jüngeres Alter nur dann angenommen werden, wenn man mit Suess die Porphyrite im Gebiete des Ursulaberges etc. als Apophysen des Tonalites ansieht (siehe dazu Sander,[2] zur Vorsicht bezüglich des Alters der Porphyrite hat jüngst R. Hoernes[3] gemahnt); diese Porphyrite durchbrechen noch oberjurassische Schichten; Dreger[4] hat unter der Kreide des Jesenkoberges von Porphyrit durchbrochene Tonschiefer gefunden, von denen es unsicher ist, ob sie noch cretaceisch sind, was wohl nicht anzunehmen ist. Es ergibt sich daher eine bedeutsame Altersbeziehung der Tonalite-Porphyrite zu den Ablagerungen der Gosau; und ich schließe daraus, daß die periadriatischen granitisch-körnigen Massen und die sie begleitenden Porphyrite vorgosauisch sind. Dann wäre es wohl diskutabel, zwischen der Entstehung der alpino-dinarischen Grenze und dem vorgosauischen Deckenschub eine direkte genetische Beziehung zu konstruieren, d. h. anzunehmen, daß zugleich mit dem ostalpinen Schub die Trennung der Alpen und Dinariden aktiv wurde und daß unmittelbar nach dem Auspressen der mesozoischen Decken der Tonalit in die Narbe eintrat und die Porphyrite in der Wurzel eindrangen. Auch könnte die Bewegung der Dinariden gegen Norden, bei welcher sie wohl in sehr bescheidenem Maße über die Alpen traten (Termier's traineau écraseur), in jene Zeit fallen. Bei späteren Bewegungen, jedenfalls bei dem lepontinischen Schub, ist der Tektonik des Gebirges südlich

---

[1] E. Suess, Antlitz der Erde, III, 1, p. 442.

[2] B. Sander, Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1906, p. 742.

[3] Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXXI, 1912, p. 25.

[4] Verhandlungen der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1906, p. 95.

der Karawanken, das Heraufpressen des schon erstarrten Tonalites erfolgt. Es spielt der Kopf der Dinariden den alpinen Gebieten gegenüber die Rolle einer starren Masse, welche die alpinen Gebiete nach Norden drängte.

c) E. Suess[1] hat angedeutet, daß zwischen den periadriatischen Massen mit den Porphyriten und den Andesiten Südsteiermarks eine Beziehung möglich wäre. »Dieser Andesit ist jünger als Castel-Gomberto und älter als die aquitanische Kohle mit Anthracith. magnum.« Er ist emporgekommen zu einer jüngeren Störungsphase. Wir können so für das Gebirge der Ostkarawanken- — Steiner Alpen — Bacher mehrere Störungsphasen festlegen: 1. Die vorgosauische Bewegung der Karawanken, d. i. der Wurzel der ostalpinen Kalkalpendecke und Bewegung des Kopfes der Dinariden gegen Norden. 2. Vertikale Bewegung, welche den Einbruch von Windisch-Graz schafft, in welchem die Gosau über den Abbruch der Karawanken transgrediert. 3. Vertikale Bewegung, welche den oligocänen Meeresbildungen den Weg zum Ostfuß der Steiner Alpen geöffnet hat; diese Bewegung dürfte mit dem lepontinischen Schub zusammenfallen. 4. Störung im horizontalen Sinn, welche das Miocän östlich von den Steiner Alpen gefaltet hat (helvetischer Schub?); der Ablagerung des Miocäns ist wenigstens ein Teil der Andesitausbrüche auf vorher entstandenen Brüchen vorausgegangen. Auch die Steiner Alpen zeigen zwei Bewegungen,[2] eine gegen Norden und eine gegen Süden. Suess[3] sagt: »Diese Bewegungen können nicht gleichzeitig stattgefunden haben.« Für ein höheres Alter der Nordbewegung spricht der Umstand, daß keine jüngeren Formationen an der Bewegung gegen Norden teilgenommen haben als Trias, beziehungsweise der Oberjura am Außenrand der Karawanken; das jüngere Alter der Bewegung gegen Süden kommt noch in dem Bau der miocänen Vorlagen im Süden der Steine Apen zum Ausdruck. Die

[1] Antlitz der Erde. III, 1, p. 442.

[2] F. Teller, Erläuterungen zur geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Julischen und Karnischen Alpen, 1896. p. 9.

[3] Antlitz der Erde, III, 1, p. 445.

beiden Bewegungen der Steiner Alpen lassen sich in das obige Schema nicht einreihen.

d) Bei dem Umstande, daß die lepontinische Decke unter der ostalpinen liegt, ist es klar, daß die letztere vor dem lepontinischen Schub südlich von ihr lag und daß sie dann über das Liegende bewegt wurde, während unter ihrer Belastung die lepontinischen Tauchdecken ausgebildet wurden. Die Annahme, daß die ostalpine Decke zur Zeit des lepontinischen Schubes schon lange fertig war, erleichtert auch die mechanische Erklärung zur Deckenbildung.

e) Nach Steinmann ist die Molasse zum größten Teil aus den Gesteinen der lepontinischen Decke zusammengesetzt. Arn. Heim[1] aber weist die Ableitung der subalpinen Molasse von den lepontinischen Decken ab. Heim leitet die Exotika des Flysches aus den Südalpen ab; mit Recht wendet Ampferer ein,[2] daß das ostalpine Gebirge schon erhoben war zur Zeit der Flysch- und Molassebildung, ferner daß aus den Südalpen noch marines Eocän und Oligocän bekannt ist. »So stehen der Ableitung der Exotika aus den Südalpen gar manche nicht gangbare Hindernisse entgegen.« Wir müssen annehmen, daß die lepontinischen Decken der Schweiz, die doch wohl die Gerölle für die Molasse lieferten, zum Teil über dem helvetischen Gebiete lagerten, d. h. über dem südlichsten Teil des Ursprungsgebietes der letzteren, daß dann das Helvetische zusammengestaut wurde; vorher ist wohl der größte Teil der lepontinischen Decken zerstört worden, so daß sich die Faltung des Helvetischen nicht mehr unter großer Belastung abgespielt hat. Bei der Bewegung des Ganzen nach Norden, der Vortiefe zu, muß dann, wie Schardt es vor langer Zeit dargestellt hat, die Masse der Voralpendecken (Chablais, Freiburger Alpen) nach Norden von der sich überfaltenden Unterlage abgerutscht sein. Die verschiedene Teildeckentektonik der helvetischen Alpen der Schweiz scheint in einem direkten Zusammenhang mit der mehr oder weniger großen Belastung durch das lepontinische System zu stehen, während bei der Flyschzone der österreichischen

---

[1] L. c. 1906.

[2] Verhandlungen der k. k. Geolog. Reichsanstalt, 1908.

Alpen die Blockbewegung des lepontinischen + ostalpinen Systems für die Detailtektonik maßgebend war.[1] Es erhebt sich die Frage, ob man die Klippen des Vierwaldstätterseegebietes nicht erklären kann als bereits zur helvetischen Bewegung vorhandene Deckenzeugen, als Reste der vor dem Schub bereits zum größten Teil zerstörten lepontinischen Decken (Molasse!); die Klippen wären dann schon als Deckenzeugen gegen Norden bewegt worden. Die Frage, wo die Zerstörungsprodukte der hochaufgetürmten alpinen Decken sind, findet in der Molasse die Antwort.

f) Noch eine andere Tatsache ist durch den zeitlich getrennten Deckenschub in den Ostalpen zu erklären. Paulcke[2] trennt im Unterengadiner Fenster die Regionaltektonik von der Lokaltektonik und sagt: »Es scheint, als ob nach der Öffnung des Fensters durch erosive Vorgänge bei einer zweiten Dislokationsphase, welche die Alpen betraf, ein konzentrischer Schub von den Randgebieten gegen die entlastete Fenstermitte stattgefunden hat.« Für das Tauernfenster ist das Übertreten der lepontinischen Tauerndecken über das Ostalpine durch E. Suess[3] fraglos nachgewiesen und Kober[4] sagt, daß das Hinübertreten des Lepontinischen über das ostalpine Deckensystem der hervorstechendste Zug im Bau der Ostalpen ist. Nehmen wir nun die zeitliche Trennung der Deckenschübe an, so ist diese Erscheinung leicht zu erklären; wir haben folgende Vorgänge: 1. im lepontinischen Schub Überschiebung des lepontinischen durch das ostalpine System und Deckenbau (Tauchdecken) des Lepontinischen; 2. Erosion; 3. im helvetischen Schub — Blockbewegung des Lepontinischen + Ost-

---

[1] Dafür spricht folgendes: In den Kalkhochalpen der Schweiz südlich der Freiburger Alpen — relativ einfache Tektonik; in den Berner Alpen — Ausbildung von unterer und oberer helvetischer Decke durch Abgleiten der Kreide der Vortiefe zu, Belastung nur durch Klippen; in den Alpen zwischen Reuß und Rhein — reiche Deckengliederung, freie Beweglichkeit des Helvetischen; in der Flyschzone Österreichs — Schuppen unter dem Einfluß der Blockbewegung der ostalpinen Decke.

[2] Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereines zu Karlsruhe, 1910, p. 45.

[3] Antlitz der Erde, III, 2, p. 190.

[4] Sitzungsberichte der kais. Akademie, Wien, 1912, p. 118.

alpinen — geschieht der konzentrische Schub im Unterengadin, die Verschuppung am Tauernfenster, das Hinübertreten der Tribulaundecke über das Ostalpine des Stubai.[1] Auch das Verhalten des Cephalopoden-Neocoms östlich vom Rhonetal ließe sich durch zwei getrennte Bewegungen leicht erklären, wie überhaupt eine Bewegung gegen Süden innerhalb eines Deckensystems, das durch die Erosion angegriffen wurde, bei einem zweiten Schub recht gut möglich ist.

g) Aus dem Alter der beteiligten Schichten, aus dem Umstande, daß am Nordrand der Alpen das Miocän gestört ist, wie am Südrand, aus dem Umstand, daß das Miocän in der Val Sugana etc. noch überschoben ist, geht hervor, daß die Dinariden auch zur Zeit des helvetischen Schubes noch eine lebhafte Störungsphase durchgemacht haben, wenn auch nach Taramelli die Hauptgebirgsbildung ins Oberoligocän fällt (= den lepontinischen Schub?). Dagegen liegt das Miocän in der ostalpinen Region fast ungestört, im großen Gegensatz zum Verhalten des Miocäns in Südsteiermark. Die helvetische Bewegung scheint zu parallelisieren zu sein der letzten großen Bewegung der Dinariden gegen Süden; das Ganze ist der Ausdruck des alpinen Fächers, dessen Achse die alpino-dinarische Grenze ist, welche die Nord- und Südbewegung trennt. Wie sich das Miocän des inneralpinen Wiener Beckens zur helvetischen Bewegung, welche hier vielleicht vor der II. Mediterranstufe eintrat, und zur gleichzeitigen Blockbewegung des Lepontinischen und Ostalpinen verhält, ist nicht festzuhalten.

Ich komme zum Schlusse zu folgender Übersicht der in den Ostalpen auftretenden Bewegungen:

Ostalpiner Schub — vorgosauisch.
    Transgression der Gosau.
    Transgression des Eocäns.
Lepontinischer Schub.
    Transgression des Miocäns.
Helvetischer Schub.

[1] In diesem Sinne erscheint der Ausspruch E. Suess' (11), daß das Tauernfenster zu groß, um durch Erosion geöffnet worden zu sein, sowie seine Erklärung vom Übertreten der Tribulaundecke um ein Eck des schwebenden Vorlandes in einem ganz anderen Lichte.

Zum Schluß wäre noch der Satz zu betonen: Ein Teil der Faciesverschiedenheiten der Deckensysteme ist durch das verschiedene Alter der Deckenschübe zu erklären.

Wie so vieles in der Geologie und auch besonders in der Tektonik der Alpen, ist das in den vorigen Zeilen Gebrachte ein Gebäude von Hypothesen, aufgebaut auf Hypothesen. Wenn ich es unternommen habe, diese Systematik der alpinen Bewegungen als einen Versuch zur Gliederung niederzulegen, so ist das in erster Linie geschehen, um die beregten Fragen unter eine gemeinsame Fragestellung zu bringen, in zweiter Linie, um eine Reihe von Fragen, die gewiß jedem Alpengeologen auf der Zunge liegen, damit anzuschneiden. Dabei ist mir wohl der Satz Diener's, daß der menschliche Geist noch ikarische Schwingen regen wird, um den Bau der Alpen zu enträtseln, wenn das herrliche Gebirge schon ganz der Abtragung zum Opfer gefallen ist, vor Augen geblieben. Es mögen meine Ausführungen als ein Ausbau zur Theorie des Deckenschubes aufgefaßt werden.